

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-054258

(43)Date of publication of application : 25.02.1997

(51)Int.Cl.

G02B 25/00

(21)Application number : 07-225834

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 10.08.1995

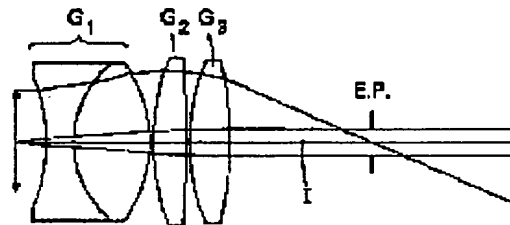
(72)Inventor : FUKUMOTO SATORU

## (54) EYEPiece

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To have a comparatively long eye relief  $\geq 100\%$  of the focal distance of an eyepiece.

**SOLUTION:** This lens is composed, in order from the object side, of a first lens group G1 composed of the combination of a biconcave lens and a biconvex lens, a second lens group G2 whose convex surface confronts the object side composed of a positive single lens and a third lens group G3 whose convex surface confronts the object side composed of a positive single lens. By representing the focal distance of the whole eyepiece by  $f$ , the focal distance of the first lens group G1 by  $f_1$  and the focal distance of the second lens group G2 by  $f_2$ , the conditional relations:  $f_1/f \leq -12$  and  $1.6 \leq f_2/f \leq 6$  are satisfied.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.02.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3454296

[Date of registration] 25.07.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-54258

(43) 公開日 平成9年(1997)2月25日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 25/00

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 25/00

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平7-225834

(22) 出願日

平成7年(1995)8月10日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 福本 哲

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

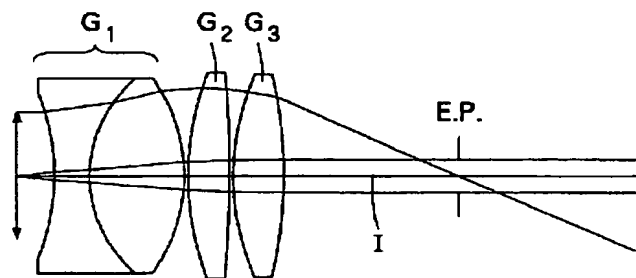
(74) 代理人 弁理士 猪熊 克彦

(54) 【発明の名称】 接眼レンズ

(57) 【要約】

【課題】 接眼レンズの焦点距離に対して100%以上と比較的長いアイレリーフIを有する接眼レンズを提供する。

【解決手段】 物体側から順に、両凹レンズと両凸レンズとの貼り合わせによる第1レンズ群G<sub>1</sub>と、物体側に凸面を向けた正の単レンズからなる第2レンズ群G<sub>2</sub>と、物体側に凸面を向けた正の単レンズからなる第3レンズ群G<sub>3</sub>とからなり、f：接眼レンズ全体の焦点距離、f<sub>1</sub>：第1レンズ群G<sub>1</sub>の焦点距離、f<sub>2</sub>：第2レンズ群G<sub>2</sub>の焦点距離としたときに、 $f_1/f \leq -1.2$  及び  $1.6 \leq f_2/f \leq 6$  なる各条件式を満足することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】物体側から順に、両凹レンズと両凸レンズとの貼り合わせによる第 1 レンズ群  $G_1$  と、物体側に凸面を向けた正の単レンズからなる第 2 レンズ群  $G_2$  と、物体側に凸面を向けた正の単レンズからなる第 3 レンズ群  $G_3$  とからなり、以下の各条件式を満足する接眼レンズ。

$$f_1/f \leq -1.2 \quad (1)$$

$$1.6 \leq f_2/f \leq 6 \quad (2)$$

但し、

$f$  : 接眼レンズ全体の焦点距離

$f_1$  : 第 1 レンズ群  $G_1$  の焦点距離

$f_2$  : 第 2 レンズ群  $G_2$  の焦点距離

である。

【請求項 2】前記各レンズ群の各レンズ面のうち、少なくとも 1 つのレンズ面が非球面に形成され、該非球面の周辺における曲率半径は、頂点における曲率半径よりも大きいことを特徴とする請求項 1 記載の接眼レンズ。

【請求項 3】前記第 2 レンズ群  $G_2$  と第 3 レンズ群  $G_3$  との各レンズ面のうちの少なくとも 1 つのレンズ面が、前記非球面に形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の接眼レンズ。

【請求項 4】物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群  $G_1$  と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群  $G_2$  と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群  $G_3$  とからなり、これらの各レンズ群の各レンズ面のうち、少なくとも 1 つのレンズ面が非球面に形成され、該非球面の周辺における曲率半径は、頂点における曲率半径よりも大きいことを特徴とする接眼レンズ。

【請求項 5】前記第 1 レンズ群  $G_1$  は、両凹レンズと両凸レンズとの貼り合わせレンズによって形成され、前記第 2 レンズ群  $G_2$  と第 3 レンズ群  $G_3$  とは、共に物体側に凸面を向けた正の単レンズからなる請求項 4 記載の接眼レンズ。

【請求項 6】次の条件式を満足する請求項 2、3、4 又は 5 記載の接眼レンズ。

$$0.005 \leq |d_x/h| \leq 0.1 \quad (3)$$

但し、

$h$  : 前記非球面に対する最軸外主光線の入射位置の光軸からの距離

$d_x$  : 光軸から前記距離  $h$  だけ離れた高さにおける前記非球面と、該非球面の頂点曲率半径に基づく母球面との、光軸に沿った距離

である。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、双眼鏡、望遠鏡又は顕微鏡などの光学機器に使用される接眼レンズに関する。

## 【0002】

【発明が解決しようとする課題】双眼鏡、望遠鏡又は顕微鏡などの光学機器においては、対物レンズにより形成された実像を更に拡大して観察するために、接眼レンズが使用されている。これらの接眼レンズでは、広い画角にわたって各収差が補正されていることは勿論のこと、快適に観察をするために、十分な長さのアイレリーフを持つことが要求される。普通、接眼レンズ等の光学系では、焦点距離が短いほどベッツバール和が大きくなるので、これに伴い像面湾曲収差をはじめ各収差が悪くなってしまう。更に一般的な接眼レンズでは、アイレリーフは焦点距離の 80% 程度しか出ないので、焦点距離の短い接眼レンズでは十分なアイレリーフが得られない。本発明は、接眼レンズの焦点距離に対して 100% 以上と比較的長いアイレリーフを有し、また、非球面形状のレンズ面を用いた場合には、広い画角において各収差、特に歪曲収差が極めて良好に補正された接眼レンズを提供することを課題とする。

## 【0003】

【課題を解決するための手段】本発明は、物体側から順に、両凹レンズと両凸レンズとの貼り合わせによる第 1 レンズ群  $G_1$  と、物体側に凸面を向けた正の単レンズからなる第 2 レンズ群  $G_2$  と、物体側に凸面を向けた正の単レンズからなる第 3 レンズ群  $G_3$  とからなり、

$f$  : 接眼レンズ全体の焦点距離

$f_1$  : 第 1 レンズ群  $G_1$  の焦点距離

$f_2$  : 第 2 レンズ群  $G_2$  の焦点距離

としたときに、

$$f_1/f \leq -1.2 \quad (1)$$

$$1.6 \leq f_2/f \leq 6 \quad (2)$$

なる各条件式を満足する接眼レンズによって、上記課題を解決したものである。その際、各レンズ群の各レンズ面のうち、少なくとも 1 つのレンズ面を非球面に形成し、該非球面の周辺における曲率半径を、頂点における曲率半径よりも大きく形成することができる。また、第 2 レンズ群  $G_2$  と第 3 レンズ群  $G_3$  との各レンズ面のうちの少なくとも 1 つのレンズ面を、上記非球面とすることができる。

【0004】この発明の接眼レンズでは、第 1 レンズ群  $G_1$  は実質的に屈折力を持たないか、あるいは負の屈折力を持ち、物体側に凹面を向けたメニスカス形状に形成されている。この第 1 レンズ群  $G_1$  の焦点距離が条件式 (1) を満足することにより、アイレリーフを伸ばすことに寄与している。また、第 1 レンズ群  $G_1$  は負の屈折力を持つので、接眼レンズのベッツバール和を小さくし、像面湾曲収差等を少なくするのにも有利である。この条件式 (1) の上限を越えると、第 1 レンズ群  $G_1$  の負の屈折力が大きくなり過ぎ、それ以降のレンズ群の正の屈折力を大きくしなければならなくなる。それに伴い単レンズからなる第 2 レンズ群  $G_2$  及び第 3 レンズ群  $G_3$  にかかる負担が大きくなり、収差補正が困難になる。な

お、この条件式(1)の上限値を-1.8とすればより好ましい。

【0005】条件式(2)は、第2レンズ群G<sub>2</sub>の焦点距離を規定するものである。この式の下限を下回ると第2レンズ群G<sub>2</sub>にかかる負担が大きくなり、各収差が発生してしまう。また、上限を上回ると第2レンズ群G<sub>2</sub>への負担は少なくなるが、第3レンズ群G<sub>3</sub>への負担が大きくなり、やはり各収差が発生してしまう。なお、この条件式の範囲を $2 \leq f_2/f \leq 5$ とすると、更に各レンズ群の屈折力のバランスが良くなる。更に $2.2 \leq f_2/f \leq 4$ とし、あるいは更に $2.2 \leq f_2/f \leq 3.5$ とすれば、より一層好ましくなる。

【0006】本発明はまた、物体側から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群G<sub>1</sub>と、正の屈折力を持つ第2レンズ群G<sub>2</sub>と、正の屈折力を持つ第3レンズ群G<sub>3</sub>とからなり、これらの各レンズ群の各レンズ面のうち、少なくとも1つのレンズ面が非球面に形成され、該非球面の周辺における曲率半径は、頂点における曲率半径よりも大きいことを特徴とする接眼レンズによって、前記課題を解決したものである。その際、第1レンズ群G<sub>1</sub>を、両凹レンズと両凸レンズとの貼り合わせレンズによって形成し、第2レンズ群G<sub>2</sub>と第3レンズ群G<sub>3</sub>とを、共に物体側に凸面を向けた正の単レンズによって形成することができる。

【0007】以上において、接眼レンズを構成するレンズ面のうちいずれか一つのレンズ面を非球面に形成したときには、そのレンズ面を次のように形成することができる。すなわち図11に示すように、

h：非球面に対する最軸外主光線の入射位置の光軸からの距離

d<sub>x</sub>：光軸から距離hだけ離れた高さにおける非球面と、該非球面の頂点曲率半径に基づく母球面との、光軸に沿った距離

としたときに、

$$0.005 \leq |d_x/h| \leq 0.1 \quad (3)$$

なる条件式を満足するように形成することができる。この条件式を満足することにより、歪曲収差を非常に少なくすることができる。この式の下限を下回ると非球面としての効果が得られず、歪曲収差の補正への効果もあまり得られない。また、上限を上回ると、逆に非球面の影響が強く出過ぎてしまい、歪曲収差が過剰に補正されてしまい好ましくない。

【0008】

【発明の実施の形態】本発明による接眼レンズの実施の形態について説明する。図1、図3、図5、図7及び図9に、それぞれ本発明の第1～第5実施例のレンズ構成図を示す。各実施例は、物体側から順に、両凹レンズと両凸レンズとの貼り合わせによる第1レンズ群G<sub>1</sub>と、物体側に凸面を向けた正の単レンズからなる第2レンズ群G<sub>2</sub>と、物体側に凸面を向けた正の単レンズからなる

第3レンズ群G<sub>3</sub>とによって構成されている。また各図中※印を付したレンズ面は非球面を表す。

【0009】以下の表1～表5に、それぞれ第1～第5実施例のレンズ諸元を示す。各表において、第1カラムは物体側からのレンズ面の番号、第2カラムはレンズ面の曲率半径r、第3カラムはレンズ面間隔d、第4カラムは屈折率nのd線(λ=587.6nm)に対する値、第5カラムはアッペ数νのd線に対する値、第6カラムはレンズ群番号を表す。レンズ面番号に※印を付したレンズ面は非球面を表し、非球面のレンズ面における曲率半径rは、非球面の頂点での曲率半径を表す。また非球面のレンズ面については、非球面データを各表に付した。いずれの非球面も、次式で表される回転対称非球面である。

【0010】

$$X = \frac{C_0 Y^2}{1 + \sqrt{1 - k C_0^2 Y^2}} + \sum_{i=1}^5 C_{2i} Y^{2i}$$

X：非球面の頂点から光軸方向に測った距離

Y：非球面の頂点を通る光軸からの高さ

C<sub>0</sub>：1/r (r=非球面の頂点曲率半径)

k：円錐定数

C<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>, C<sub>8</sub>, C<sub>10</sub>：2次～10次の非球面係数

【0011】但し本発明における非球面の形状が、上式によって表される形状に限定されることを意味するものではない。また各非球面レンズとしては、コストの軽減を図るために、光学プラスチック製の単レンズを使用している。しかしながら、各非球面レンズに光学ガラスを使用してもよい。また以下の表6に、各実施例の全体諸元と各条件式(1)～(3)におけるパラメータの値を示す。同表中、fは全系の焦点距離、2ωは見掛け視界、Iはアイレリーフを表す。

【0012】

【表1】

[レンズ諸元]

No	r	d	n <sub>d</sub>	ν <sub>d</sub>	
1	-14.1	2.0	1.805	25.50	G <sub>1</sub>
2	8.4	5.5	1.620	60.14	G <sub>1</sub>
3	-11.0	0.2			
4	19.9	2.4	1.589	61.09	G <sub>2</sub>
5	-73.0	0.2			
6	17.2	2.9	1.589	61.09	G <sub>3</sub>
7	-29.2				

【0013】

【表2】

## [レンズ諸元]

No	r	d	$n_d$	$\nu_d$	
1	-13.0	2.0	1.805	25.50	$G_1$
2	9.6	5.3	1.620	60.14	$G_1$
3	-10.1	0.2			
※4	14.3	2.3	1.491	57.57	$G_2$
5	911.6	0.2			
6	10.7	2.8	1.589	61.09	$G_3$
7	180.7				

## [非球面データ]

No	k	$C_2$	0.00
4	1.11	$C_4$	$-0.90 \times 10^{-4}$
		$C_6$	$0.50 \times 10^{-6}$
		$C_8$	$0.80 \times 10^{-8}$
		$C_{10}$	$-0.41 \times 10^{-9}$

【0014】

【表3】

## [レンズ諸元]

No	r	d	$n_d$	$\nu_d$	
1	-13.0	2.0	1.805	25.50	$G_1$
2	8.8	5.5	1.620	60.14	$G_1$
3	-10.3	0.2			
※4	14.3	2.6	1.491	57.57	$G_2$
5	-385.0	0.2			
6	10.8	2.9	1.589	61.09	$G_3$
7	180.7				

## [非球面データ]

No	k	$C_2$	0.00
4	1.33	$C_4$	$-0.90 \times 10^{-4}$
		$C_6$	$0.50 \times 10^{-6}$
		$C_8$	$0.80 \times 10^{-8}$
		$C_{10}$	$-0.41 \times 10^{-9}$

【0015】

【表4】

## [レンズ諸元]

No	r	d	$n_d$	$\nu_d$	
1	-14.0	2.0	1.805	25.50	$G_1$
2	8.3	5.5	1.620	60.14	$G_1$
3	-10.8	0.2			
※4	14.5	3.0	1.491	57.57	$G_2$
5	-70.0	0.2			
6	17.4	2.8	1.589	61.09	$G_3$
7	-33.9				

## [非球面データ]

No	k	$C_2$	0.00
4	1.66	$C_4$	$-0.73 \times 10^{-4}$
		$C_6$	$-0.22 \times 10^{-6}$
		$C_8$	$0.40 \times 10^{-8}$
		$C_{10}$	$-0.80 \times 10^{-10}$

【0016】

【表5】

## [レンズ諸元]

No	r	d	$n_d$	$\nu_d$	
1	-13.0	2.0	1.805	25.50	$G_1$
2	8.6	5.5	1.620	60.14	$G_1$
3	-10.2	0.2			
4	14.3	3.0	1.589	61.09	$G_2$
5	$\infty$	0.2			
※6	10.8	2.9	1.491	57.57	$G_3$
7	-570.3				

## [非球面データ]

No	k	$C_2$	0.00
6	0.52	$C_4$	$-0.83 \times 10^{-5}$
		$C_6$	$0.13 \times 10^{-6}$
		$C_8$	$0.12 \times 10^{-7}$
		$C_{10}$	$-0.26 \times 10^{-9}$

【0017】

【表6】

実施例	f	$2\omega$	l	(1)	(2)	(3)
				$f_1/f$	$f_2/f$	$ d_x/h $
1	9.0	48°	10.2	-22.13	2.98	—
2	9.0	48°	10.6	-561.76	3.28	0.0163
3	9.0	48°	10.9	-41.71	3.13	0.0136
4	9.0	48°	10.3	-26.7	2.75	0.00962
5	9.0	48°	10.4	-48.80	2.70	0.0135

【0018】図2、図4、図6、図8及び図10に、それぞれに第1～第5実施例の球面収差、非点収差、及び歪曲収差を示す。各収差は、アイポイントE. P. 側から光線を追跡したときのものである。非点収差図中、破線はメリジオナル像面を表し、実線はサジタル像面を表す。各図中FNOはFナンバー、 $\omega$ は見掛け視界の半分を

表す。表6及び各収差図より明らかなように、各実施例とも条件式(1)及び(2)を満足することにより、あるいは条件式(3)を満足することにより、アイレリーフIが接眼レンズ全体の焦点距離fの100%以上あり、しかも諸収差がバランス良く補正された接眼レンズとなっている。また非球面レンズを用いた接眼レンズで

は、歪曲収差がほぼ完全になくなっていることがわかる。

【0019】

【発明の効果】本発明により、十分な視界を保ちつつ、アイレリーフが接眼レンズ全体の焦点距離の100%以上あり、しかも諸収差がバランス良く補正された接眼レンズが提供され、また歪曲収差に関しては、非球面レンズを使用することにより、ほぼ0%に近い値にまで補正された接眼レンズが提供された。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例のレンズ構成図

【図2】第1実施例の収差図

【図3】第2実施例のレンズ構成図

【図4】第2実施例の収差図

【図5】第3実施例のレンズ構成図

【図6】第3実施例の収差図

【図7】第4実施例のレンズ構成図

【図8】第4実施例の収差図

【図9】第5実施例のレンズ構成図

【図10】第5実施例の収差図

【図11】非球面形状を表す説明図

【符号の説明】

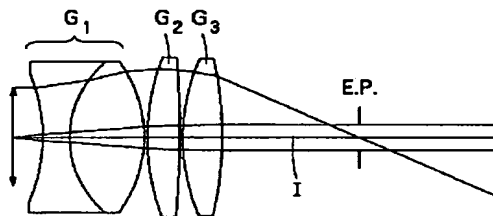
G<sub>1</sub>～G<sub>3</sub>…レンズ群

E. P. …アイポイント

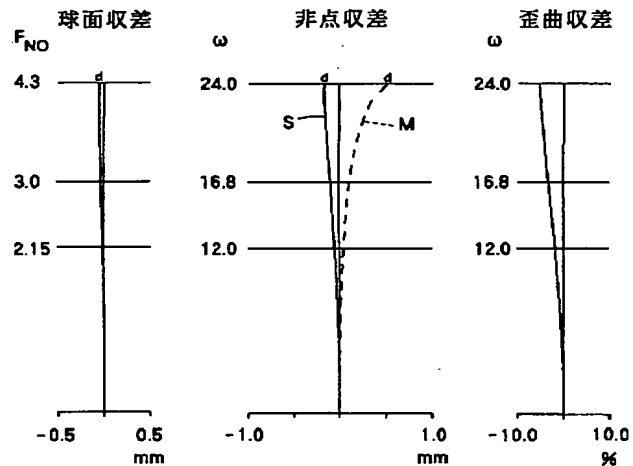
I …アイレリーフ

※…非球面レンズ面

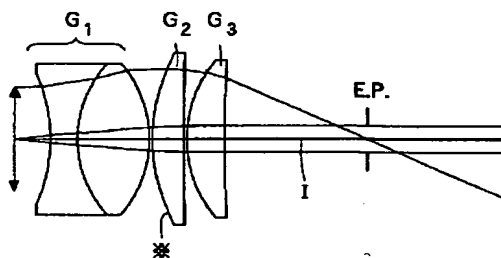
【図1】



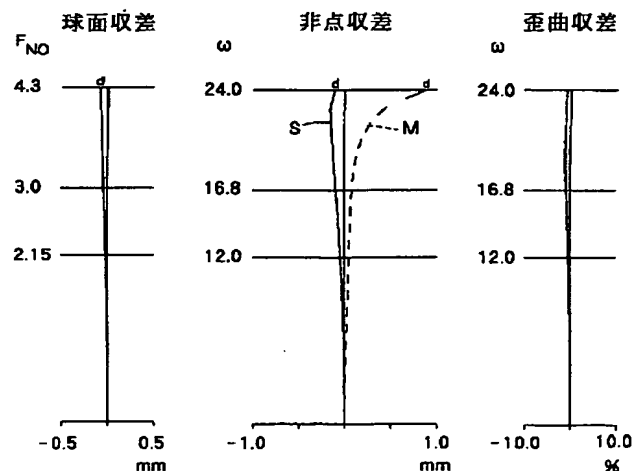
【図2】



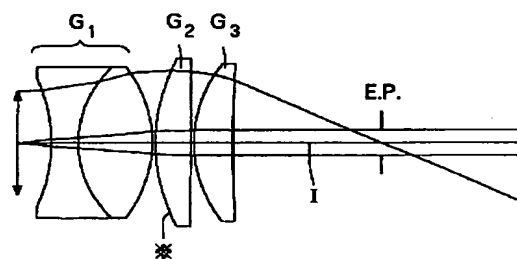
【図3】



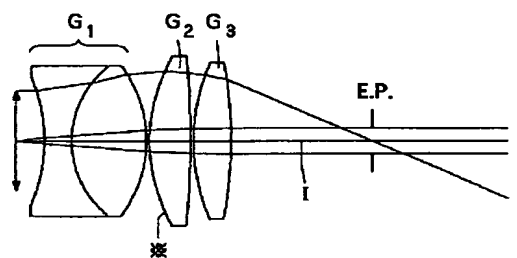
【図4】



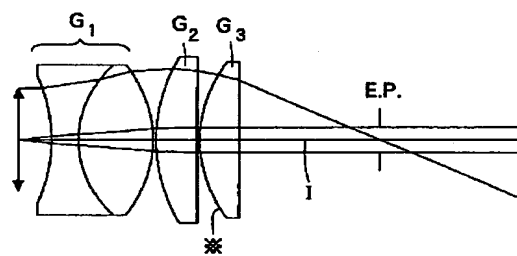
【図5】



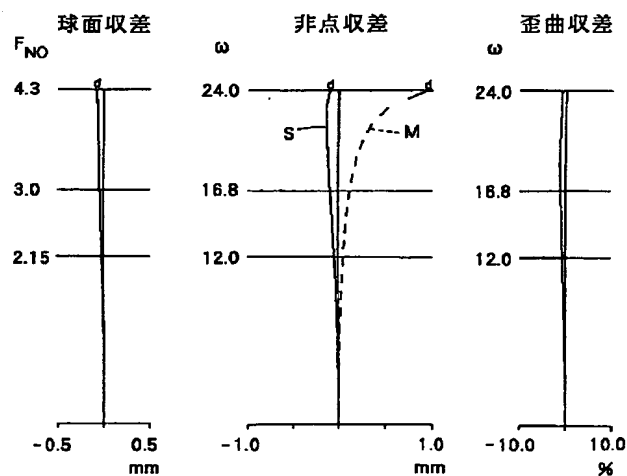
【図7】



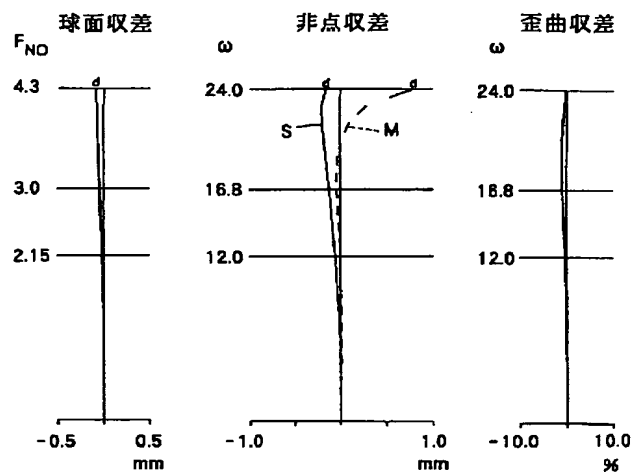
【図9】



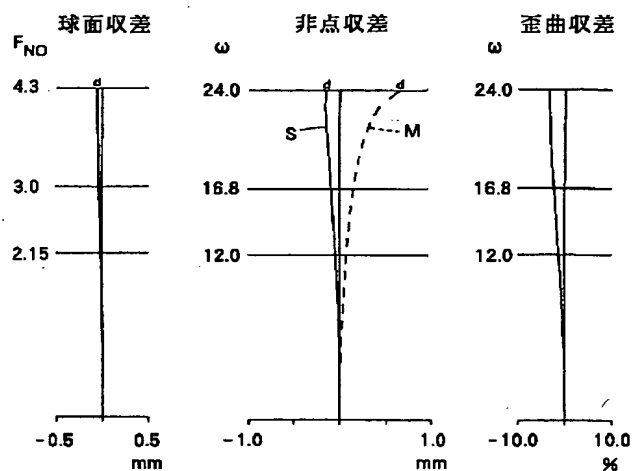
【図10】



【図6】



【図8】



【図11】

